

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
20 décembre 2001 (20.12.2001)

PCT

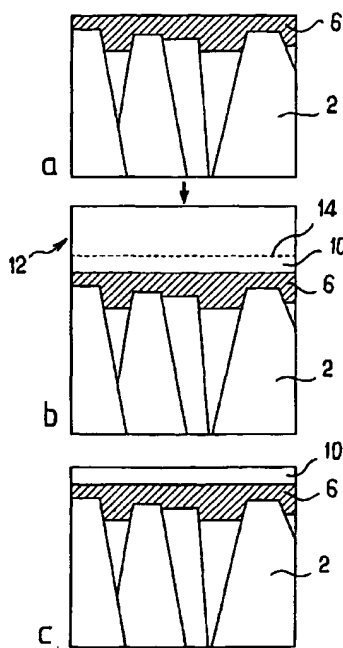
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 01/97282 A1**

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **H01L 21/762**
- (21) Numéro de la demande internationale : **PCT/FR01/01876**
- (22) Date de dépôt international : 15 juin 2001 (15.06.2001)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
00/07755 16 juin 2000 (16.06.2000) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **S.O.I. TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES** [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, 38190 Bernin (FR).
- (72) Inventeur; et
- (73) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **AUBERTON-HERVE, André** [FR/FR]; 94, avenue de Karben, 38120 St. Egreve (FR).
- (74) Mandataires : **MARTIN, Jean-Jacques** etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, 75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING SUBSTRATES AND RESULTING SUBSTRATES

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION DE SUBSTRATS ET SUBSTRATS OBTENUS PAR CE PROCEDE



(57) Abstract: The invention concerns a method for making substrates, in particular for optics, electronics, or optoelectronics, comprising an operation which consists in bonding a useful element (10, 16) of a first material on the surface of a support (2), comprising a second material. The invention is characterised in that: it further comprises an operation which consists in depositing an amorphous material (3), on the surface of the support (2), formed with the second material and designed to receive the element consisting of the first material or on the surface of the useful element formed with the first material and designed to be bonded on the support (2); and the second material is less noble than the first material. The invention also concerns a method for making substrates, in particular for optics, electronics or optoelectronics, comprising an operation which consists in bonding a useful element (10) of a first material on a surface of a support (2), comprising a second material. The method is characterised in that the useful element (10) or the support (2) comprises a polycrystalline material at least on its surface designed to be bonded, and it further comprises, prior to the bonding operation, an operation which consists in forming a layer of amorphous material (2), on the surface or surfaces comprising the polycrystalline material.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément utile (10, 16) d'un premier matériau sur une face d'un support (2), comportant un deuxième matériau, caractérisé par le fait, (a) qu'il comprend en outre une opération de dépôt d'un matériau amorphe (6), sur la face du support (2) constituée du deuxième matériau et destinée à recevoir l'élément constitué du premier matériau ou sur la face de l'élément utile constitué de premier matériau et destinée à être collée sur le support (2), et par le fait, (b) que le deuxième matériau est moins noble que le premier matériau.

L'invention concerne également un procédé de fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément utile (10) d'un premier matériau sur une face d'un support (2), comportant un deuxième matériau, caractérisé par le fait que l'élément utile (10) ou le support (2) comporte un matériau polycristallin au moins sur sa face destinée à être collée, et qu'il comprend en outre, préalablement à l'opération de collage, une opération de formation d'une couche de matériau amorphe (6), sur la face ou les faces comportant le matériau polycristallin.

WO 01/97282 A1



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

PROCEDE DE FABRICATION DE SUBSTRATS ET SUBSTRATS  
OBTENUS PAR CE PROCEDE.

L'invention concerne le domaine des procédés de fabrication de  
5 substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique.  
Plus précisément, l'invention concerne des procédés de fabrication de  
substrats dans lesquels un élément de matériau utile est transféré sur un  
support.

Un but de l'invention est de diminuer le prix de revient de tels  
10 substrats tout en obtenant un bon collage entre le support et l'élément de  
matériau utile.

Ce but est atteint selon l'invention, grâce à un procédé de  
fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou  
l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément utile  
15 d'un premier matériau sur une face d'un support, comportant un deuxième  
matériau, caractérisé par le fait

- qu'il comprend en outre, préalablement à l'opération de collage,  
une opération de dépôt d'un matériau amorphe, sur la face du support  
constituée du deuxième matériau et destinée à recevoir l'élément constitué  
20 du premier matériau, ou sur la face de l'élément utile constitué du premier  
matériau et destinée à être collée sur le support, et par le fait

- que le deuxième matériau est moins noble que le premier  
matériau.

L'expression « moins noble » est employée, dans ce document,  
25 pour désigner un matériau qui présente

- soit une qualité cristallographique moindre ; dans ce cas par  
exemple, un matériau amorphe est moins noble qu'un matériau  
polycristallin, lui même moins noble qu'un matériau monocristallin ;  
- soit un matériau obtenu par un procédé plus simple et/ou plus  
30 rapide dans sa mise en œuvre ; selon ce critère le silicium monocristallin,  
par exemple, peut être considéré comme moins noble que le carbure de

silicium monocristallin ; on notera, en particulier, que le silicium monocristallin est moins cher que le carbure de silicium monocristallin ;

- soit un matériau qui présente une qualité cristallographique moindre cumulée avec une procédure d'obtention par un procédé plus simple et/ou plus rapide dans sa mise en œuvre, par exemple, un matériau obtenu par un procédé de tirage plus rapide engendre généralement comparativement plus de défauts ; un tel matériau est également généralement moins cher et est considéré comme étant moins noble ; etc ;
- soit un matériau hybride comprenant une couche ou une zone de matériau présentant une qualité cristallographique moindre que le reste ; par exemple un substrat monocristallin recouvert d'une couche polycristalline.

Généralement, le matériau le moins noble sera le moins coûteux.

- Le choix du matériau dit moins noble peut être large et varié, l'application visée et les technologies de fabrication correspondantes représentant les facteurs essentiels d'une restriction de ce choix.

- Le choix du matériau moins noble est fonction de nombreux paramètres, et pour certaines applications, certains paramètres peuvent être privilégiés par rapport à d'autres. Si l'on privilégie certains paramètres, le choix portera sur un matériau monocristallin, alors que si l'on en privilégie d'autres, non.

- Par exemple, dans le cas du transfert d'une couche de carbure de silicium, comme pour de nombreuses autres applications, certains des paramètres du deuxième matériau, c'est à dire celui du support, doivent être équivalents à ceux du premier matériau, ici le carbure de silicium monocristallin.

- Aussi, dans le cas du transfert d'une couche de carbure de silicium monocristallin, qu'il provienne d'un substrat massif ou d'une couche épitaxiale, un candidat avantageux pour le support en matériau moins noble est un substrat de silicium, même monocristallin, dont le prix est

assurément très compétitif en comparaison d'un substrat monocristallin de carbure de silicium.

En outre, dans le cas du transfert d'une couche de carbure de silicium monocristallin, le deuxième matériau, c'est à dire celui choisi pour  
5 le support doit généralement pouvoir supporter un procédé de traitement technologique de la couche de carbure de silicium exigeant, du fait que le carbure de silicium est un matériau présentant une grande inertie chimique, qu'il est difficilement usinable mécaniquement et chimiquement, etc. En particulier, le deuxième matériau devra, par exemple pour des  
10 étapes mettant en œuvre une croissance épitaxiale de carbure de silicium, subir des traitements à haute température, ce qui nécessite que ce deuxième matériau ait une température de fusion suffisamment élevée, un coefficient de dilatation thermique adapté, ainsi qu'éventuellement une conductivité thermique appropriée. De même, si, en vue d'un dopage, des  
15 espèces atomiques sont implantées dans le carbure de silicium, le deuxième matériau pourra être amené à subir des recuits à haute température entraînant la même exigence par rapport au coefficient de dilatation thermique.

Par ailleurs, le matériau idéal pour être candidat en tant que  
20 deuxième matériau doit pouvoir remplacer le premier matériau, avec un minimum de modifications et un maximum de transparence pour l'utilisateur, dans les procédés généralement utilisés pour le traitement des substrats. Idéalement, ce deuxième matériau satisfait le plus possible au cahier des charges défini par des normes telles que les normes SEMI  
25 correspondant aux spécifications d'un substrat de silicium.

Au-delà de cette transparence pour l'utilisateur, selon un tel cahier des charges, des supports comportant, ou constitués, du deuxième matériau, et au delà de leur faible coût, ces supports doivent être compatibles avec les chaînes existantes de mise en forme et de traitement  
30 des substrats (polissage, nettoyage, chanfreinage, etc.). Idéalement, dans le cas d'un transfert d'une couche de silicium, un tel support doit pouvoir

être traité sur des lignes de fabrication dédiées au silicium, qui par ailleurs mettent en œuvre les techniques les plus développées à ce jour.

Ainsi, par exemple pour fabriquer des substrats de 300 mm de diamètre recouverts d'une couche de silicium, on peut utiliser une  
5 combinaison intéressante consistant à transférer une couche issue d'un substrat de silicium à faible taux de défauts, par exemple une couche épitaxiale de silicium ou une couche provenant d'un substrat obtenu par un tirage, tel qu'un tirage Czochralsky, à faible taux de défauts, sur un support de coût modéré issu notamment d'un tirage de lingots, à grande vitesse,  
10 dans des conditions non optimisées vis à vis de leurs densités de défauts cristallins. Dans ce cas, pour que des substrats de silicium de 300 mm de diamètre, soient acceptés dans une ligne de fabrication de micro-électronique, ils doivent satisfaire à des conditions très exigeantes (pureté en contamination et pureté particulaire), et satisfaire aux différentes  
15 contraintes imposées par les différentes étapes (planéité pour les étapes de photolithographie, tenue mécanique pour les recuits rapides, réflectivité particulière pour ne perturber, ni la photolithographie, ni les divers capteurs de détection de substrats ou d'alignement équipant nombre d'équipements), etc.

20 En outre, ces supports comportant, ou constitués, du deuxième matériau, doivent avantageusement rester compatibles avec des opérations de transfert de couches, préférentiellement comprenant une étape de collage direct, et surtout rester compatibles avec le matériau de l'élément qu'ils sont destinés à supporter (On désigne dans ce document,  
25 par « collage direct » les techniques connues de l'homme du métier sous la terminologie anglo-saxonne dite de « wafer bonding » ou de « direct bonding »).

Un aspect de cette compatibilité concerne notamment les coefficients de dilatation thermique. Une différence trop importante rend  
30 l'empilement des deux matériaux inutilisable puisque susceptible de casser

dès lors que l'on appliquerait les traitements thermiques d'usage dans le domaine.

Dans la plupart des cas, et en particulier dans le cas de la fabrication de substrats de 300 mm de diamètre recouvert d'une couche monocristalline de silicium ou dans le cas de substrats recouverts d'une couche de carbure de silicium, un autre choix judicieux vis à vis de la transparence dans la ligne de traitement et de la compatibilité entre le support et la couche est d'utiliser le même matériau, mais sous forme polycristalline (le gain au plan économique se fait alors par rapport à un tirage du lingot et/ou de l'épitaxie).

Avantageusement, selon l'invention on réalise des substrats avec une ou plusieurs couche(s) monocristalline(s) sur un support polycristallin. Dans ce cas, la ou les couche(s) monocristalline(s) et le support polycristallin peuvent être par exemple constitués du même matériau.

Avantageusement, selon l'invention, on réalise des substrats avec une ou plusieurs couche(s) monocristalline(s) sur un support monocristallin lui même recouvert d'une couche de matériau polycristallin. Cette configuration présente au moins les deux avantages suivants :

- la couche de matériau polycristallin peut constituer une couche de piégeage d'impuretés métalliques (aussi appelé « gettering » par l'homme du métier), ce qui est très intéressant pour certaines applications, et

- la couche de matériau polycristallin peut constituer une zone de piégeage d'espèces dégazées par exemple, au cours d'éventuelles opérations de recuit.

Ayant considéré ci-dessus la question du choix du matériau moins noble, considérons le choix du matériau amorphe.

Ce choix peut également être large et varié.

Avantageusement, l'interface entre les deux est électriquement conductrice (de manière à obtenir une meilleure conductivité électrique entre la couche utile et son support) et/ou thermiquement conductrice. Pour bon nombre d'applications, il n'est pas indispensable que cette

interface soit exactement équivalente, en termes de performances, à un substrat massif monocristallin. C'est le cas notamment, lorsque pour certains dispositifs on souhaite juste réaliser une prise de contact en face arrière pour évacuer des charges parasites ou de la chaleur, par la face

5 arrière.

Dans d'autres cas, notamment dans le cas de la fabrication de substrats de SOI (SOI est l'acronyme de l'expression anglo-saxonne, « Silicium On Insulator », c'est à dire du silicium sur isolant), l'interface n'est pas nécessairement électriquement conductrice.

10 Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé dans lequel l'élément de matériau utile est collé sur la face d'un support, constituée d'un matériau polycristallin.

Parmi les techniques de collage connues pour être compatibles avec les applications finales de type micro-electroniques, optique,

15 électronique ou l'optoélectronique, les techniques les mieux adaptées sont les techniques de collage direct, dans lesquelles aucune colle n'est employée. Ces techniques sont relativement exigeantes en termes de rugosité et de planéité des surfaces à mettre en contact.

Elles nécessitent généralement un polissage de ces surfaces juste

20 avant collage ou plus tôt dans la fabrication des substrats. Pour réaliser un transfert sur un support monocristallin, de silicium par exemple, les techniques de polissage mises en œuvre actuellement par l'ensemble des fabricants de substrats suffit, à condition qu'elles soient accompagnées de nettoyages suffisamment performants et que les opérations postérieures

25 aux nettoyages soient réalisées dans un environnement suffisamment propre, pour éviter la contamination des surfaces à coller, par des particules, des hydrocarbures, etc.

Par contre, lorsque l'une des surfaces de collage est constituée d'un matériau polycristallin, et surtout lorsque l'on souhaite avoir un collage

30 direct, c'est à dire sans colle, ces techniques de collage direct deviennent délicates voire inefficaces.



Ces problèmes de collage direct se rencontrent que le matériau polycristallin soit obtenu par des techniques de dépôt de type « dépôt chimique en phase vapeur » (connu de l'homme du métier par l'acronyme « CVD » de l'expression anglo-saxonne « Chemical Vapor Deposition ») ou à partir d'un lingot de matériau polycristallin, ultérieurement découpé et transformé en substrats. Ces problèmes se rencontrent notamment, lorsque le matériau polycristallin est du silicium polycristallin.

Ces problèmes proviennent des irrégularités de la topologie des différents grains du matériau polycristallin. En effet, l'orientation des différents grains est imparfaite, le matériau présente des joints de grains plus ou moins développés, etc. Ainsi lorsque l'on poli des surfaces constituées d'un matériau polycristallin, on constate une anisotropie de la vitesse de polissage selon les différents grains, les joints de grains, etc. Ces irrégularités résultant du polissage de la surface s'amplifient dès lors que les techniques de polissage comportent une composante chimique. C'est également le cas lorsque différentes étapes de gravure, nettoyage, etc., interviennent dans la mise en forme des substrats ou la préparation, en vue d'un collage, de la surface constituée d'un matériau polycristallin.

Les difficultés à maîtriser le polissage de matériaux polycristallins pour une application au collage direct sont bien connues de l'homme du métier. De telles difficultés sont décrites, par exemple, dans le document Philips Journal of Research, Vol 49, 1995 (par exemple, pages 13 à 15 et 26 à 38). Les auteurs de ce document y expliquent les différentes classifications des techniques de polissage et leur impact sur la qualité d'un collage direct. Ces difficultés ont également été rapportées par certaines équipes dont le problème n'était pas tant de réaliser un collage direct sur un substrat polycristallin, que de joindre deux substrats de silicium en utilisant une couche intermédiaire de silicium polycristallin déposée sur l'un de ces substrats. Ces dernières difficultés sont notamment décrites dans les documents suivants :

-J. Jiao et al, Proc. SPIE – Int. Soc. Opt. Eng., 3223 (1997) 245  
Micromachining and Microfabrication Process technology III. Austin TX  
USA, 29-30 sept 97 ;

- M. Salleh Isamil, Techn. Digest IEEE Solid state Sensor and  
5 Actuator Workshop (IEEE, New York NY USA, 1992), pp 66-89 (Hilton  
Head Island, SC, USA 22-25 June 92);

- W. G. Easter et al, Proceeding of the first international symposium  
on semiconductor wafer bonding, Science, Technology and Applications  
(Electrochem Society, Pennington, NJ USA), pp 223-229 : (Phoenix AZ,  
10 13-18 oct 91);

- Y Inoue, IEEE Trans. Electr. devices (1995), 356 ; et

- K.N. Vinod, Transducers 97, 1997 International Conference on  
Solid State Sensors and Actuators (IEEE, New York NY USA, 1997), vol. ,  
pp 653-656 (Chicago, IL, USA, 16-19 June 97).

15 Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de  
fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou  
l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément de  
matériau utile sur une face d'un support, lorsqu'au moins l'un de ces deux  
éléments est polycristallin, au moins en surface de sa face destinée à être  
20 collée, résolvant les problèmes présentés ci-dessus et notamment ceux  
liés à la maîtrise du polissage.

Ce but est atteint, selon l'invention grâce à un procédé de  
fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou  
l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément utile  
25 d'un premier matériau sur une face d'un support, comportant un deuxième  
matériau, caractérisé par le fait que l'élément utile ou le support comporte  
un matériau polycristallin au moins sur sa face destinée à être collée, et  
qu'il comprend en outre, préalablement à l'opération de collage, une  
opération de formation d'une couche de matériau amorphe, sur la face ou  
30 les faces comportant le matériau polycristallin.

Ce dernier procédé, conforme à l'invention, résout en particulier les problèmes de maîtrise du polissage. En effet, un matériau amorphe est par nature isotrope et absent d'irrégularités de taille de grains. On peut donc éventuellement, procéder à l'étape de collage, directement sur le

5 matériau amorphe, que la couche de matériau amorphe soit réalisée par dépôt ou par amorphisation. Mais en outre, si un polissage est nécessaire, que la couche de matériau amorphe soit réalisée par dépôt ou par amorphisation, ce polissage est uniforme et permet d'obtenir une surface suffisamment plane pour réaliser un collage direct. L'utilisation d'un dépôt

10 de matériau amorphe permet également par ailleurs de rattraper les irrégularités de topologie.

Avantageusement, le dépôt du matériau polycristallin et celui du matériau amorphe sont réalisés quasi-simultanément sans arrêter le dépôt, en jouant uniquement sur la température, par exemple en baissant celle

15 utilisée pour obtenir le matériau amorphe par rapport à celle utilisée pour le dépôt de matériau polycristallin.

Le procédé selon l'invention est particulièrement avantageux dans le contexte de la réalisation de substrats à bas coût, dans lesquels par exemple on utilise pour le substrat support un matériau moins noble

20 polycristallin que pour la couche utile.

En effet, les substrats en matériau polycristallin reviennent généralement moins cher que ceux en matériau monocristallin. Il est alors possible d'utiliser un substrat en matériau polycristallin comme support d'une couche ou d'un empilement de couches d'un ou plusieurs

25 matériau(x) de meilleure qualité, par exemple de qualité monocristalline. Cette couche ou cet empilement de couches constitue la partie utile du substrat, c'est à dire que c'est cette partie qui sera utilisée, pour ses propriétés physiques, pour la réalisation de structures pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique.

30 Pour ce type d'application, on peut utiliser n'importe quel procédé de transfert de couche faisant intervenir un collage de la couche sur un

substrat. A titre d'exemple, on peut citer le procédé Smart-Cut® dont un exemple de mise en œuvre est décrit dans le brevet FR 2 681 472. Il est particulièrement avantageux d'utiliser le procédé Smart-Cut® en combinaison avec la présente invention, du fait des possibilités de recyclage des substrats qu'il offre. En effet, grâce au procédé Smart-Cut®, il est possible de transférer sur un substrat support, uniquement une couche pour former la partie utile, cette couche correspondant à une partie seulement d'un substrat source, le reste de ce substrat source pouvant être recyclé pour, par exemple, un éventuel prélèvement d'une nouvelle couche utile et ainsi de suite.

Le fait de pouvoir utiliser un support ayant un coût assez bas en combinaison avec le recyclage multiple d'un substrat source, offert par un procédé de type Smart-Cut®, est particulièrement avantageux pour certaines applications. Parmi ces applications, on citera encore, par exemple, les cas de la fabrication de substrats de silicium monocristallin de 300mm de diamètre et de substrats de carbure de silicium monocristallin. Ces deux matériaux, le silicium monocristallin en grandes dimensions et le carbure de silicium monocristallin, sont en effet caractérisés par un coût de croissance de lingot élevé. Ce coût est d'autant plus élevé que l'on demande une qualité cristalline extrême puisque ce sont ces couches utiles qui supporteront les zones actives des futurs composants. Dans le cas de la fabrication de substrats de silicium monocristallin de 300 mm de diamètre par exemple, les conditions de croissance du silicium doivent être optimisées pour minimiser certains défauts cristallins.

Ainsi, dans le cas particulier du tirage de lingots, le tirage des lingots doit être effectué à des vitesses de tirage particulièrement lentes, il est donc coûteux. Pour les deux exemples de matériaux cités ci-dessus, il s'agit donc de réaliser des « quasi-substrats » ressemblant le plus possible à des substrats de silicium monocristallin ou de carbure de silicium monocristallin, mais dont le coût est minimisé.

Dans un autre cas particulier de ce qui a été présenté ci-dessus, la couche utile est une couche épitaxiale. Dans ce cas, ce type de couche, qui est connu pour mener à des qualités cristallines excellentes, présente un prix de revient particulièrement important. Cette couche épitaxiale peut  
5 alors elle aussi faire l'objet de prélèvements multiples (recyclages possibles basés par exemple sur un reconditionnement utilisant par exemple des gravures, polissage, nettoyage, recuit lissant sous hydrogène, etc., voire sur la régénération de la couche épitaxiale par une reprise d'épitaxie utilisant le même substrat).

10 Le procédé selon l'invention est également avantageusement appliqué à tout matériau dès lors qu'il y a génération de ce matériau avec un nouveau diamètre, plus important que ceux qui étaient obtenus jusqu'alors. En effet, il existe une période de temps pendant laquelle la disponibilité du matériau de bonne qualité à ce nouveau diamètre,  
15 associée à des technologies très avancées et des investissements importants, est limitée et donc coûteuse.

Le procédé selon l'invention est également avantageusement utilisé pour transférer des couches de silicium de haute qualité cristalline supportant une couche d'oxyde, sur un support comportant du matériau  
20 polycristallin au moins sur la face sur laquelle s'effectue le transfert, pour réaliser des structures SOI.

Les procédés selon l'invention comportent en outre avantageusement les caractéristiques suivantes prises isolément ou en combinaison :

25 - ils comprennent en outre une opération de polissage du matériau amorphe déposé sur le substrat, préalablement à l'opération de collage de l'élément de matériau utile ; au cours de cette opération de polissage, on retire entre 200 et 5000 Å, et préférentiellement 1000 Å, de matériau amorphe ;

30 - on forme un film de 1000 à 5000 Å, et préférentiellement 3000 Å de matériau amorphe, au cours de l'opération de dépôt ;

- ils comprennent une opération de traitement thermique de l'ensemble comprenant le support et l'élément de matériau utile, joints ensemble par l'intermédiaire du matériau amorphe (cette opération de traitement thermique est avantageusement menée à une température  
5 suffisante pour permettre une cristallisation au moins partielle du matériau amorphe) ;

- ils comprennent, postérieurement à l'opération de collage, une opération de détachement, d'une couche de matériau utile à partir d'une pièce constituée du matériau utile ;

10 - ils comprennent, préalablement à l'opération de collage, une opération d'implantation d'espèces atomiques sous la surface, destinée à être collée sur le support, de la pièce de matériau utile, à une profondeur d'implantation distribuée autour d'une certaine valeur, l'opération de détachement de la couche de matériau utile étant alors réalisée au niveau  
15 d'une profondeur de décollement située au voisinage de la profondeur d'implantation.

Avantageusement, l'invention concerne aussi un substrat, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant

- un élément utile,  
20 - un support présentant une face constituée d'un matériau polycristallin,

caractérisé par le fait qu'il comprend en outre, un matériau amorphe ou issu d'un matériau amorphe, électriquement conducteur, entre l'élément utile et la face constituée du matériau polycristallin.

25 L'invention concerne également un substrat, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant

- un élément constitué d'un premier matériau,  
- un support constitué d'un deuxième matériau caractérisé par le fait que le deuxième matériau est moins noble que le premier et qu'il  
30 comprend en outre, un matériau amorphe, ou issu d'un matériau amorphe,

électriquement conducteur, entre l'élément en premier matériau et le support en deuxième matériau.

Les applications des procédés selon l'invention peuvent viser aussi bien la fabrication de silicium sur isolant que la fabrication de quasi-  
5 substrats équivalents à des substrats massifs, notamment sans couche isolante intermédiaire.

D'autres buts, aspects et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit.

L'invention sera également mieux comprise à l'aide des références  
10 aux dessins, sur lesquels :

- les figures 1a à 1d représentent, schématiquement en coupe quatre exemples de substrats supports pour effectuer un transfert conforme à la présente invention ;

- la figure 2 représente, schématiquement en coupe, l'utilisation  
15 d'un substrat support de matériau polycristallin tel que celui de la figure 1a, pour la mise en œuvre d'un premier exemple de procédé conforme à l'invention ;

- la figure 3 représente, schématiquement en coupe, l'utilisation d'un substrat support tel que celui représenté sur les figures 1a et 2, pour la  
20 mise en œuvre d'un deuxième exemple de procédé conforme à l'invention ;

- la figure 4 représente, schématiquement en coupe, l'utilisation d'un substrat support tel que celui représenté sur les figures 1a, 2 et 3, pour la  
25 mise en œuvre d'un troisième exemple de procédé conforme à l'invention ;

- la figure 5 représente, schématiquement en coupe, l'utilisation d'un substrat support tel que celui représenté sur les figures 1c et 1d, pour la  
mise en œuvre d'un quatrième exemple de procédé conforme à l'invention ;

- la figure 6 représente, schématiquement en coupe, l'utilisation d'un  
30 substrat support tel que celui représenté sur les figures 1a et 1b, pour la

mise en œuvre d'un cinquième exemple de procédé conforme à l'invention ;

- la figure 7 représente, schématiquement en coupe, l'utilisation d'un substrat support tel que celui représenté sur les figures 1c et 1d, pour la
- 5 mise en œuvre d'un sixième exemple de procédé conforme à l'invention.

L'invention est décrite ci-dessous à l'aide de six modes particuliers, mais non limitatifs, de mise en œuvre.

- Les premier, deuxième, troisième et cinquième modes de mise en œuvre concernent un collage menant à un transfert d'une couche utile, sur
- 10 un substrat support polycristallin.

Les quatrième et sixième modes de mise en œuvre concernent un collage menant à un transfert d'une couche utile, sur un substrat support comportant une couche de matériau polycristallin sur sa face destinée à recevoir la couche utile.

- 15 Selon le premier mode de mise en œuvre, l'invention est employée pour réaliser le collage direct d'un élément de silicium monocristallin sur un support de silicium polycristallin.

Ce support 2 se présente par exemple sous la forme d'un disque de 200 mm de diamètre et de 725 microns d'épaisseur.

- 20 Ce support 2 est schématiquement représenté en coupe sur les figures 1a et 1b. Il présente des grains 4 monocristallins. Ces grains 4 monocristallins peuvent s'étendre sur toute l'épaisseur du support 2 comme par exemple dans un substrat à croissance colonaire (figure 1a). Mais le support 2 peut également être constitué par des grains 4 empilés
- 25 de manière désordonnée les uns sur les autres et/ou les uns à côté des autres.

- D'une manière totalement équivalente, à la place des supports 2 décrits ci-dessus en relation avec les figures 1a et 1b il est possible d'utiliser des supports 2 comportant une plaquette 3 recouverte d'une
- 30 couche de matériau polycristallin. De tels supports 2 sont représentés sur les figures 1c à 1d. Là encore les supports 2 représentés sur les figures 1c



et 1d présentent une couche de silicium polycristallin 5 constituée de grains 4 monocristallins pouvant s'étendre sur toute l'épaisseur de la couche de silicium polycristallin 5 (figure 1c), mais peuvent également être empilés de manière désordonnée les uns sur les autres et/ou les uns à coté des autres (figure 1d).

De tels supports 2 sont particulièrement avantageux pour absorber des espèces produites au cours d'un éventuel dégazage susceptible d'intervenir lors des divers traitements, et en particulier des traitements thermiques, du substrat obtenu après transfert de la couche utile sur le support 2.

Il est également possible d'utiliser des supports 2 constitués d'une plaquette 3 avec des composants, le tout étant recouvert d'une couche de silicium polycristallin 5, ou encore constitués d'une plaquette 3 de matériau amorphe également recouverte d'une couche de silicium polycristallin 5, ou bien encore constitués d'une plaquette 3 d'un matériau choisi pour sa très bonne conductivité thermique, et/ou sa transparence à la lumière, et/ou encore une autre propriété physique, elle aussi recouverte d'une couche de silicium polycristallin 5.

Dans chaque cas la couche de silicium polycristallin 5 a avantageusement 500 à plusieurs milliers d'angstroëms d'épaisseur pour la microélectronique et plusieurs dizaines de microns pour les applications photovoltaïques.

On notera que bien que le support 2 soit poli, la surface est généralement irrégulière comme dans tous les cas illustrés par la figure 1.

Typiquement, lorsque le support 2 est en silicium polycristallin massif (figures 1a et 1b), il présente, après polissage, une topologie de surface avec des irrégularités en altitude qui peuvent s'étendre, dans les pires cas, sur une plage de 500 Å.

Mais il suffit de moins de quelques dizaines d'angstroëms pour nuire au collage direct

Conformément au procédé selon l'invention, on dépose alors sur le support 2 poli, une couche de silicium amorphe 6 de 3000 Å d'épaisseur, par une technique connue, décrite par exemple dans le document Silicon Processing for the VLSI Era, Vol 1, Process technology; S. Wolf and R.N.

5 Tauber, Lattice press, chapitre 6 (figure 2a).

On effectue ensuite un léger polissage mécano-chimique sur la surface de la couche de silicium amorphe 6, pour retirer environ 1 000 Å de silicium amorphe.

Un substrat 8 de silicium monocristallin est alors mis en contact  
10 avec la surface libre polie de la couche de silicium amorphe 6, pour former une liaison, par les techniques connues de collage direct (figure 2b). On se référera, pour ces techniques de collage, par exemple, à l'ouvrage de Q.-Y Tong et U. Gösele, Semiconductor Wafer Bonding, Science and technology, The Electrochemical Society Series, Wiley Inter-Science,  
15 New-York 1999.

Le tableau 1 présente des résultats de collage entre un support 2 et un substrat 8 de silicium monocristallin, sans ou avec une couche de silicium amorphe 6 entre les deux.

**Tableau 1**

20

	<b>SANS</b> dépôt de silicium amorphe	<b>AVEC</b> dépôt de silicium amorphe	
		Sans repolissage de la couche de silicium amorphe 6	Avec repolissage de la couche de silicium amorphe 6
Silicium poly- cristallin déjà poli avec un certain degré de	-	+	++

qualité			
Silicium poly-cristallin Grossièrement poli	--	-	++

Codes sur la qualité du collage, utilisés dans le tableau 1 :

-- Collage difficile ou partiel avec de nombreuses zones non collées.

5 - Collage partiel, quelques zones non-collées.

+ Collage total, peu de défauts de collage observés en transmission infra rouge.

++ Collage total, pas de défaut de collage observé en transmission infra rouge.

10 On constate d'après le tableau 1 que le collage n'est réellement satisfaisant que lorsqu'une couche de silicium amorphe 6 est déposée sur le support 2 de silicium polycristallin. Le collage est encore meilleur si l'on réalise un polissage de la couche de silicium amorphe 6, telle que dans le mode de mise en œuvre décrit en relation avec la figure 2.

15 Selon le deuxième mode de mise en œuvre de l'invention illustré par la figure 3, on réalise le transfert d'une couche de silicium monocristallin 10, à partir d'un substrat source 12 monocristallin.

Comme pour le mode de mise en œuvre décrit ci-dessus, un support 2 de silicium polycristallin, est poli. Puis, une couche de silicium amorphe 6 de 3000 Å d'épaisseur est déposée sur le support 2. Un léger polissage mécano-chimique de la surface libre de cette couche de silicium amorphe 6 est opéré, retirant environ 500 Å de silicium amorphe (figure 3a).

25 Par ailleurs, un substrat source 12 monocristallin subit une implantation d'espèces atomiques, par exemple d'hydrogène,

conformément aux procédés décrits dans le document FR 2 681 472, ou à l'une des variantes de ces procédés.

Par implantation d'espèces atomiques, on entend tout bombardement d'espèces atomiques, moléculaires, ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces dans ce matériau, ce maximum étant situé à une profondeur déterminée par rapport à la surface bombardée. Les espèces atomiques moléculaires ou ioniques sont introduites dans le matériau avec une énergie également distribuée autour d'un maximum.

10 L'implantation des espèces atomiques dans le matériau peut être réalisée grâce à un implantateur par faisceau d'ions, un implantateur par immersion dans un plasma, etc.

Cette implantation génère une zone de fragilisation 14.

Le substrat source 12 ainsi fragilisé est ensuite mis en contact avec la surface libre et polie, de la couche de silicium amorphe 6, pour former une liaison, par collage direct (figure 3b). on applique ensuite à tout ou partie de l'ensemble support 2 – substrat source 12 une action apte à engendrer un détachement de la couche de silicium monocristallin 10 du substrat source 12 au niveau de la zone de fragilisation 14.

20 D'une manière générale, cette action peut correspondre à l'application de contraintes mécaniques (cisaillement, traction, compression, ultrasons, etc.), de contraintes ayant pour origine une énergie électrique (application d'un champ électrostatique ou électromagnétique), de contraintes ayant pour origine une énergie thermique (radiation, convection, conduction, augmentation de la pression dans les microcavités, etc.), etc. Cela peut consister également à diriger un jet de fluide (liquide ou gazeux) continu ou temporellement variable, au niveau de l'interface de décollement couche utile 10/substrat source 12. Les contraintes ayant pour origine une énergie thermique en particulier

30 peuvent dériver de l'application d'un champ électromagnétique, d'un

faisceau d'électrons, d'un chauffage thermoélectrique, d'un fluide cryogénique, d'un liquide super-refroidi, etc.

La couche de silicium monocristallin 10 est ainsi transférée sur le support 2 par collage direct via la couche de silicium amorphe 6.

5        En variante de ce mode de réalisation, d'autres techniques d'implantation (par exemple, implantation par plasma), et/ou d'autres techniques de transfert d'une couche mince peuvent être utilisées. L'implantation peut également être effectuée dans une zone mécaniquement fragilisée, par exemple une zone poreuse.

10        Selon le troisième mode de mise en œuvre de l'invention, illustré par la figure 4, on réalise un substrat de silicium sur isolant. Selon ce mode de mise en œuvre, on prépare un support 2 de silicium polycristallin recouvert d'une couche de silicium amorphe 6 (figure 4a), de la même manière que ce qui a été décrit en relation avec les deux modes de mise en œuvre  
15        exposés ci-dessus.

On crée également sur un substrat 12 une couche d'oxyde thermique 16 par une technique connue de l'homme du métier. On implante aussi, comme indiqué dans le deuxième mode de mise en œuvre, des espèces atomiques dans le substrat source 12 de silicium  
20        monocristallin, pour créer une zone de fragilisation 14.

Le substrat 12 est ensuite mis en contact du support 2, couche d'oxyde de silicium 16 contre couche de silicium amorphe 6 (figure 4b).

Une action apte à engendrer le détachement de la couche d'oxyde 16 et de la couche de silicium monocristallin 10, à partir du substrat source  
25        12 est alors appliquée, de manière analogue à ce qui a été décrit en relation avec le deuxième mode de réalisation, afin de former ainsi un substrat de silicium sur isolant. Ce substrat de silicium sur isolant est constitué d'un empilement de couches successives : un support de silicium polycristallin 2, une couche de silicium amorphe 6, une couche  
30        d'oxyde de silicium 16 et une couche de silicium monocristallin 10.

Selon le quatrième mode de mise en œuvre de l'invention, illustré par la figure 5, on réalise également un substrat de silicium sur isolant. Pour ce faire, on assemble une plaquette 3 de silicium avec un substrat 12 de silicium comportant une couche d'oxyde de silicium 16 et implanté  
5 comme décrit ci-dessus, pour former une zone de fragilisation 14. Mais dans ce cas, la couche d'oxyde de silicium 16 est trop mince (typiquement lorsqu'elle fait moins de 1 000 Å d'épaisseur) pour absorber les espèces dégazées au cours des opérations ultérieures et qui nuisent à la qualité du collage. Pour éviter la formation de bulles à l'interface de collage  
10 consécutives à ce dégazage, on réalise, sur la plaquette 3, une couche de silicium polycristallin 5 destinée à absorber les espèces dégazées. Puis, comme il n'existe pas encore de techniques de polissage du matériau polycristallin permettant d'obtenir un collage satisfaisant, pour palier les inconvénients du matériau polycristallin en termes de rugosité de surface,  
15 on dépose une couche de matériau amorphe 6, sur le matériau polycristallin (fig. 5a). On notera que si les techniques évoluent favorablement, le dépôt de la couche de matériau amorphe 6 pourrait devenir facultatif. Pour l'exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention présenté ici, le matériau polycristallin 5 est  
20 avantageusement du silicium polycristallin et le matériau amorphe 6 est avantageusement du silicium amorphe.

Le support 2 constitué de la plaquette 3 et des couches de silicium polycristallin 5 et amorphe 6, et le substrat 12 de silicium comportant la couche d'oxyde de silicium 16 sont mis en contact et assemblés par  
25 collage direct (fig. 5b).

Une action apte à engendrer le détachement de la couche d'oxyde 16 et de la couche de silicium monocristallin 10, à partir du substrat source 12 est alors appliquée, de manière analogue à ce qui a été décrit en relation avec les deuxième et troisième modes de réalisation, afin former  
30 ainsi un substrat de silicium sur isolant (fig. 5c).

Le résultat du procédé selon l'invention, selon le quatrième mode de mise en œuvre, est un substrat de silicium sur isolant comportant empilé successivement, une plaquette 3 de silicium monocristallin recouverte d'une couche de silicium polycristallin 5, recouverte elle même d'une  
5 couche de silicium amorphe 6, puis une couche d'oxyde de silicium 10 et une couche de silicium monocristallin 10.

Selon une autre variante, la couche de silicium polycristallin 5, peut être déposée sur l'oxyde 16 avant réalisation d'une couche de silicium amorphe, plutôt que sur le support 2. Elle peut aussi être déposée à la fois  
10 sur le support 2 et sur la couche d'oxyde 16.

Selon une variante des troisième et quatrième modes de mise en œuvre, une couche d'oxyde peut être formée sur le support 2, par exemple sur la couche de matériau amorphe 6. Cette couche d'oxyde peut remplacer la couche d'oxyde 16 recouvrant la couche de matériau  
15 monocristallin 10, mais elle peut également être prévue en addition de la couche d'oxyde 16 recouvrant la couche de matériau monocristallin 10.

Selon une variante de ces troisième et quatrième modes de mise en œuvre, le silicium peut être remplacé par du carbure de silicium.

De plus, d'une manière générale, la (ou les) couche(s) d'oxyde peut  
20 (peuvent) être remplacée(s) par un autre isolant (un nitrure par exemple).

Selon le cinquième mode de mise en œuvre de l'invention, illustré par la figure 6, on réalise un substrat comportant une couche utile de carbure de silicium monocristallin 9 sur du carbure de silicium polycristallin. Pour ce faire, on prépare d'une part, un support 7 de carbure de silicium  
25 polycristallin et, d'autre part, un substrat source de carbure de silicium monocristallin 13 comportant une zone de fragilisation 14 réalisée de manière à ce qui a été décrit plus haut. Ensuite, comme il n'existe pas encore de techniques de polissage du matériau polycristallin permettant d'obtenir un collage satisfaisant, pour palier les inconvénients du matériau  
30 polycristallin en termes de rugosité de surface, on dépose une couche de matériau amorphe 6, sur le support de carbure de silicium polycristallin 7

(Fig. 6a). On notera que le carbure de silicium polycristallin peut avantageusement absorber les espèces dégazées comme expliqué ci-dessus. On notera également ici encore que si les techniques évoluent favorablement, le dépôt de la couche de matériau amorphe 6 pourrait  
5 devenir facultatif. Pour l'exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention présenté ici, le matériau amorphe 6 est avantageusement du silicium amorphe.

Le support 7 et le substrat 13 sont mis en contact et assemblés par collage direct (fig. 6b).

10 Une action apte à engendrer le détachement de la couche de carbure de silicium monocristallin 9, à partir du substrat source de carbure de silicium 13 est alors appliquée, de manière analogue à ce qui a été décrit en relation avec les deuxième, troisième et quatrième modes de réalisation, afin de former ainsi un substrat comportant une couche utile de  
15 carbure de silicium monocristallin 9 sur un support de carbure de silicium polycristallin 7 (fig. 6c).

Selon le sixième mode de mise en œuvre de l'invention, illustré par la figure 7, on réalise un substrat comportant une couche utile de silicium monocristallin de bonne qualité 15, c'est à dire une qualité correspondant à  
20 un faible taux de défauts, sur un support de silicium monocristallin de moins bonne qualité 17. Cette qualité correspond par exemple à un matériau obtenu par épitaxie, à un matériau dit « cristal parfait » ou tout autre matériau qui dans l'avenir correspondra à une qualité optimisée par rapport à ce qui se fait au moment du dépôt de cette demande de brevet.

25 Cette qualité correspond a un matériau qui est utilisé pour ses propriétés électroniques et/ou optiques, etc., cette qualité ayant été optimisée à cette fin. Un substrat source de silicium de bonne qualité 18 préparé avec une zone de fragilisation 14 réalisée de manière analogue à ce qui a été décrit plus haut.

30 Pour pallier les inconvénients de la formation de bulles dues aux produits de dégazage, on réalise avantageusement, sur le support 17 de



silicium monocristallin de moins bonne qualité, une couche de silicium polycristallin 5 destinée à absorber les espèces dégazées. Puis, comme il n'existe pas encore de techniques de polissage du matériau polycristallin permettant d'obtenir un collage satisfaisant, pour palier les inconvénients du matériau polycristallin en termes de rugosité de surface, on dépose une couche de matériau amorphe 6, sur le matériau polycristallin (fig. 7a). On notera que si les techniques évoluent favorablement, le dépôt de la couche de matériau amorphe 6 pourrait devenir facultatif. Pour l'exemple de mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention présenté ici, le matériau amorphe 6 est avantageusement du silicium amorphe.

Le support 17 et le substrat 18 sont mis en contact et assemblés par collage direct (fig. 7b).

Une action apte à engendrer le détachement de la couche de silicium monocristallin de bonne qualité 15, à partir du substrat source de silicium de bonne qualité 18 est alors appliquée, de manière analogue à ce qui a été décrit en relation avec les deuxième, troisième, quatrième et cinquième modes de réalisation, afin de former ainsi un substrat comportant une couche utile de silicium monocristallin de bonne qualité 15 sur un support de silicium monocristallin de moins bonne qualité 17 (fig. 6c).

De nombreuses variantes aux modes de mise en œuvre de l'invention décrits ci-dessus peuvent être envisagées.

Ainsi les supports 2, 7, 17 munis d'une couche de matériau amorphe 6 peuvent subir, préalablement à l'opération de collage avec le substrat 8 ou un substrat source 12, 13, 18 divers traitements classiques et connus dans les techniques relatives au silicium amorphe, notamment hydrogénation, dégazage, et divers traitements thermiques tels que, par exemple un traitement thermique de densification.

Avantageusement la couche de silicium amorphe peut être dopée pour améliorer les performances électriques.

L'ensemble constitué de la couche utile et de son support peut aussi subir un recuit, après assemblage, au cours duquel, il peut y avoir une cristallisation au moins partielle de la couche de matériau amorphe 6.

Par ailleurs, dans les exemples de mise en œuvre décrits ci-dessus, 5 la couche de matériau amorphe 6 est en silicium amorphe, mais de nombreux autres matériaux amorphes peuvent être envisagés pour la mise en œuvre des procédés conformes à la présente invention. On citera, à titre d'exemple les siliciures, tels que du siliciure de titane,  $\text{TiSi}_2$ , ou du siliciure de palladium,  $\text{Pd}_2\text{Si}$ .

10 De même, ce qui a été décrit ci-dessus en relation avec des applications destinées à fabriquer des substrats comportant une couche utile de carbure de silicium, ou des substrats de silicium de 300 mm de diamètre peut être généralisé à de nombreux autres matériaux sans sortir du cadre de l'invention.

15 En particulier, l'invention est avantageuse dans tous les cas où l'on ne sait pas encore réaliser un polissage permettant d'obtenir une qualité de surface d'un matériau polycristallin suffisante pour réaliser un collage direct.

Enfin, toutes les caractéristiques du procédé selon l'invention 20 décrites ci-dessus peuvent être prises indépendamment ou en combinaison, pour définir de nouveaux modes de mise en œuvre conforme à l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de substrats, notamment pour l'optique,  
5 l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément utile (10,16) d'un premier matériau sur une face d'un support (2), comportant un deuxième matériau, caractérisé par le fait
  - qu'il comprend en outre une opération de dépôt d'un matériau amorphe (6), sur la face du support (2) constituée du deuxième matériau et  
10 destiné à recevoir l'élément constitué du premier matériau, ou sur la face de l'élément utile constitué du premier matériau et destinée à être collée sur le support (2), et par le fait
    - que le deuxième matériau est moins noble que le premier matériau.
- 15 2. Procédé de fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant une opération de collage d'un élément utile (10, 16) d'un premier matériau sur une face d'un support (2), comportant un deuxième matériau, caractérisé par le fait que l'élément  
20 utile (10, 16) ou le support (2) comporte un matériau polycristallin au moins sur sa face destinée à être collée, et qu'il comprend en outre, préalablement à l'opération de collage, une opération de formation d'une couche de matériau amorphe (6), sur la face ou les faces comportant le matériau polycristallin.
- 25 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que la formation de la couche de matériau amorphe (6) est réalisée par dépôt.
4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que la formation de la couche de matériau amorphe (6) est réalisée par amorphisation.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé  
30 par le fait que le matériau amorphe 6 est du silicium amorphe.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre une opération de polissage du matériau amorphe (6) déposé sur le support (2), préalablement à l'opération de collage.

5        7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé par le fait que l'on retire entre 200 et 5000 Å, et préférentiellement 1000 Å, de matériau amorphe (6) au cours de l'opération de polissage.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre une opération de traitement thermique  
10 de l'ensemble comprenant le support (2) et l'élément utile (10,16), joints ensemble par l'intermédiaire du matériau amorphe (6).

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait que l'opération de traitement thermique est menée à une température suffisante pour permettre une cristallisation au moins partielle du matériau  
15 amorphe (6).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comprend, postérieurement à l'opération de collage, une opération de détachement, d'une couche (10) du premier matériau à partir d'une pièce (12) constituée de ce matériau.

20        11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé par le fait qu'il comprend, préalablement à l'opération de collage, une opération d'implantation d'espèces atomiques sous la surface, destinée à être collée sur le support (2), de la pièce (12) du premier matériau, à une profondeur d'implantation distribuée autour d'une certaine profondeur, l'opération de  
25 détachement de la couche (10) du premier matériau étant alors réalisée au niveau d'une profondeur de décollement (14) située au voisinage de la profondeur d'implantation.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le support (2) est un matériau monocristallin recouvert d'une  
30 couche de matériau polycristallin.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que le support (2) est du silicium polycristallin.

14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que le support (2) est du carbure de silicium polycristallin.

5 15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisé par le fait que le support (2) est du silicium monocristallin.

16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'élément utile (10) est constitué de silicium monocristallin.

10 17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé par le fait que l'élément utile (10) est du carbure de silicium monocristallin.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'élément de matériau utile (10) comporte une couche de matériau monocristallin (10) et une couche d'isolant (16), tel qu'un oxyde.

15 19. Procédé selon l'une de revendications précédentes, caractérisé par le fait que le support (2) comporte une couche d'isolant, tel qu'un oxyde.

20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le matériau amorphe (6) est électriquement conducteur.

20 21. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on forme un film de 1000 à 5000 Å, et préférentiellement 3000 Å de matériau amorphe, au cours de l'opération de dépôt.

22 Substrat, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant

- un élément utile (10),
- 25 - un support (2) présentant une face constituée d'un matériau polycristallin,

caractérisé par le fait qu'il comprend en outre, un matériau amorphe (6), ou issu d'un matériau amorphe, électriquement conducteur, entre l'élément utile (10) et la face constituée du matériau polycristallin.

30 23. Substrat, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, comprenant

- un élément (10) constitué d'un premier matériau,
  - un support (2) constitué d'un deuxième matériau caractérisé par le fait que le deuxième matériau est moins noble que le premier et qu'il comprend en outre, un matériau amorphe (6), ou issu d'un matériau
- 5 amorphe, électriquement conducteur, entre l'élément en premier matériau et le support en deuxième matériau.

1 / 5

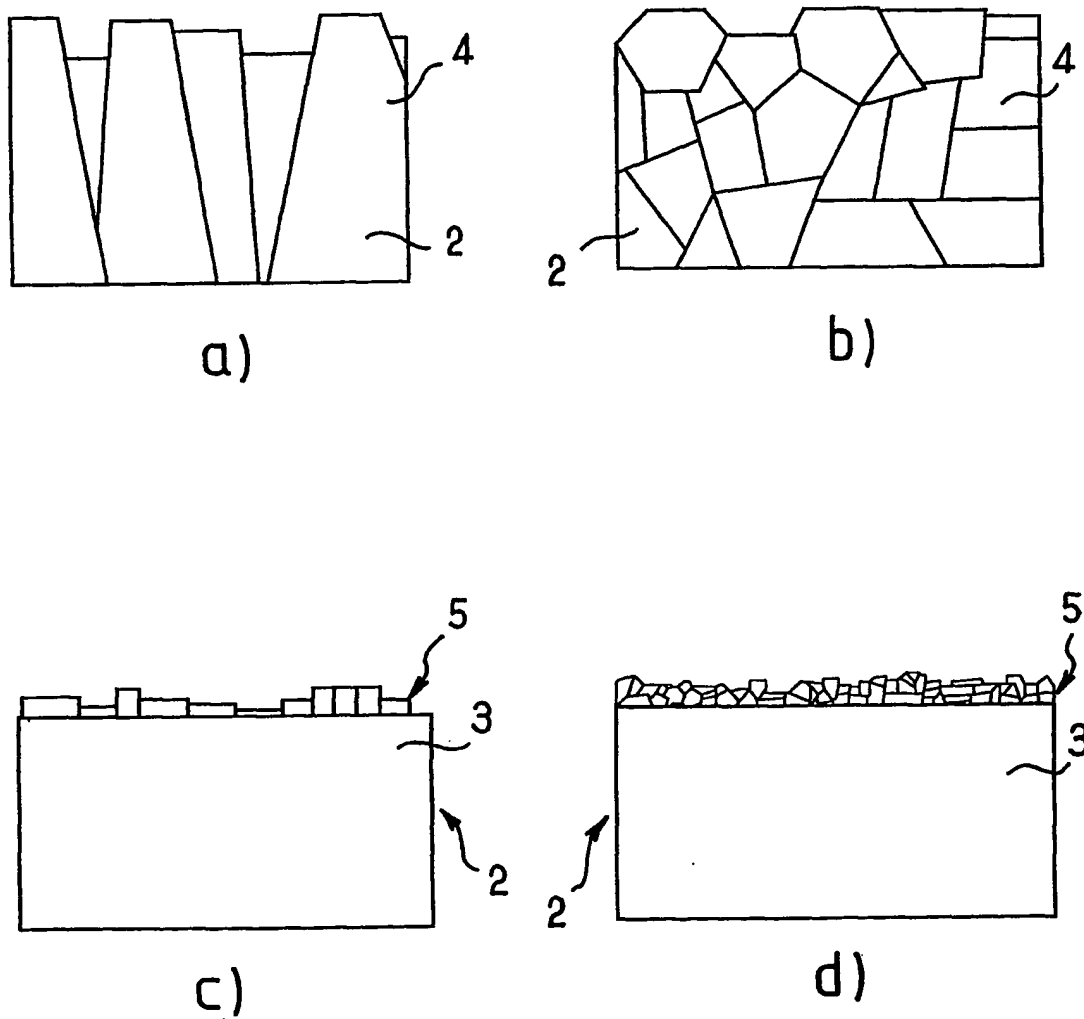


FIG. 1

2 / 5

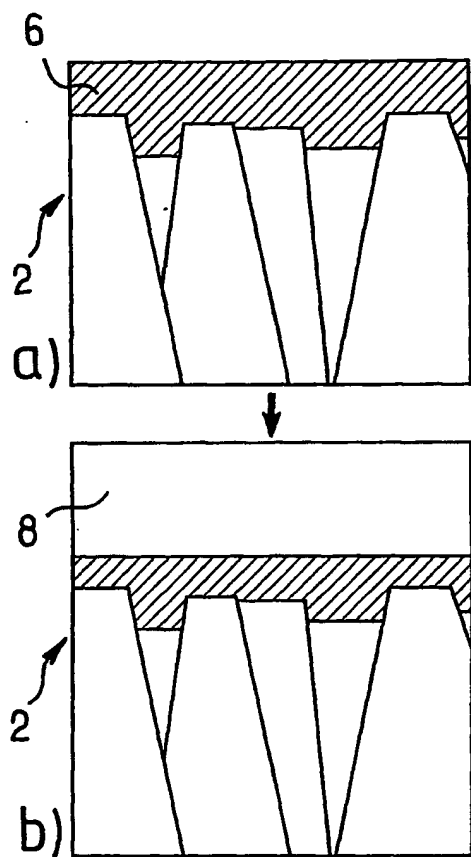


FIG. 2

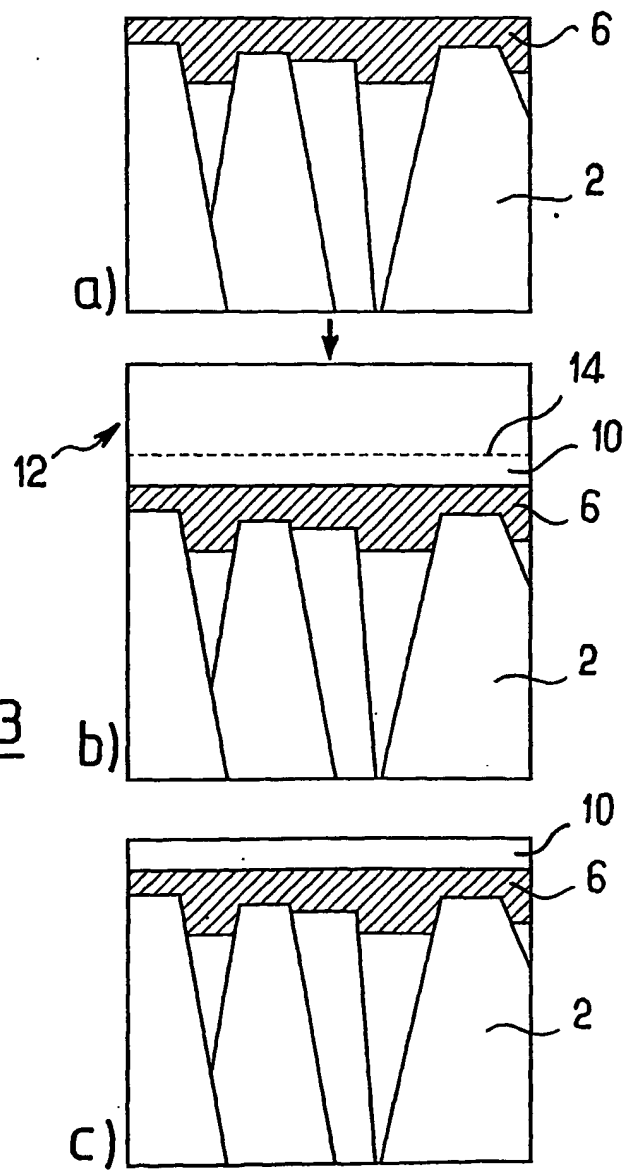
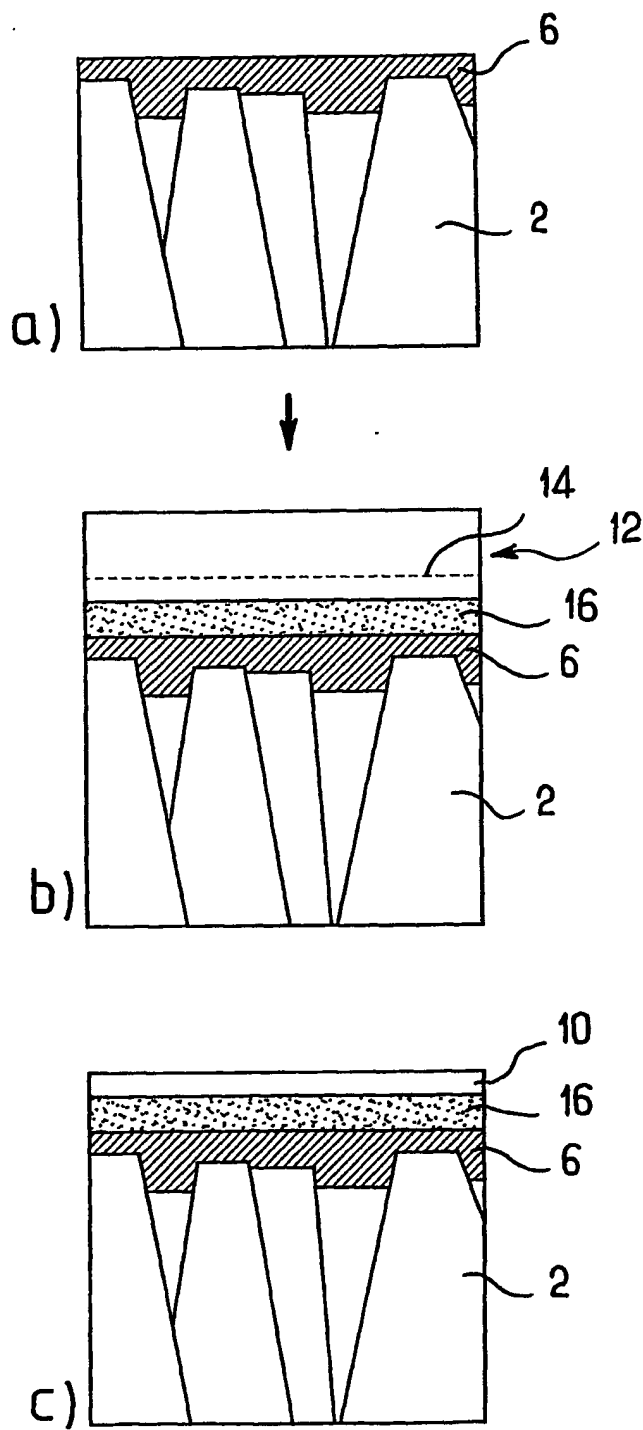


FIG. 3



3 / 5



4 / 5

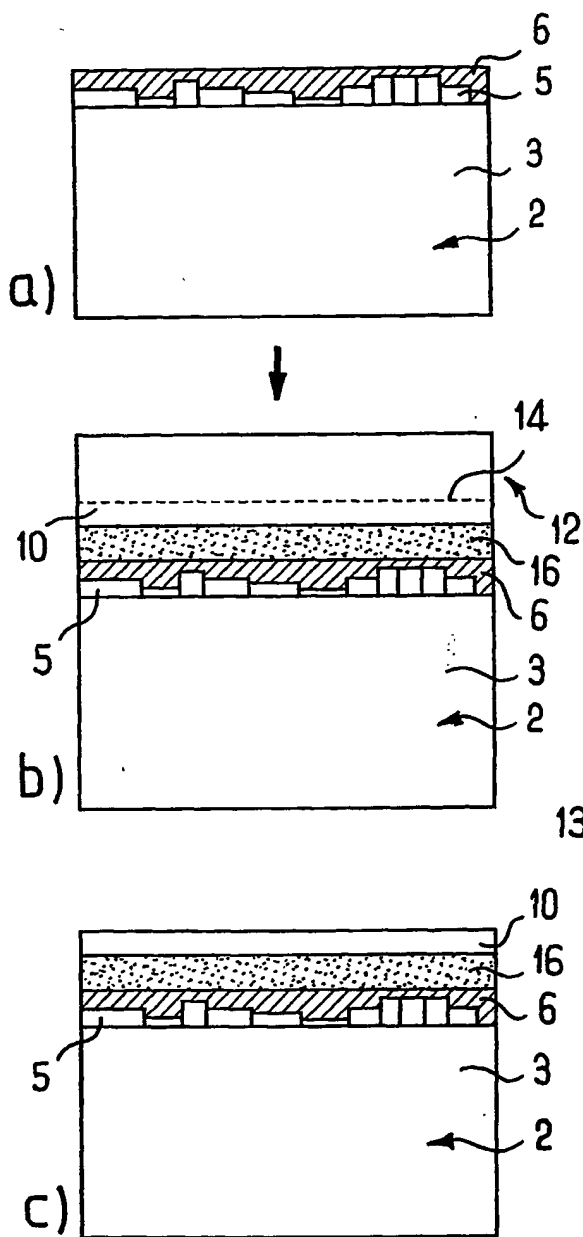


FIG. 5

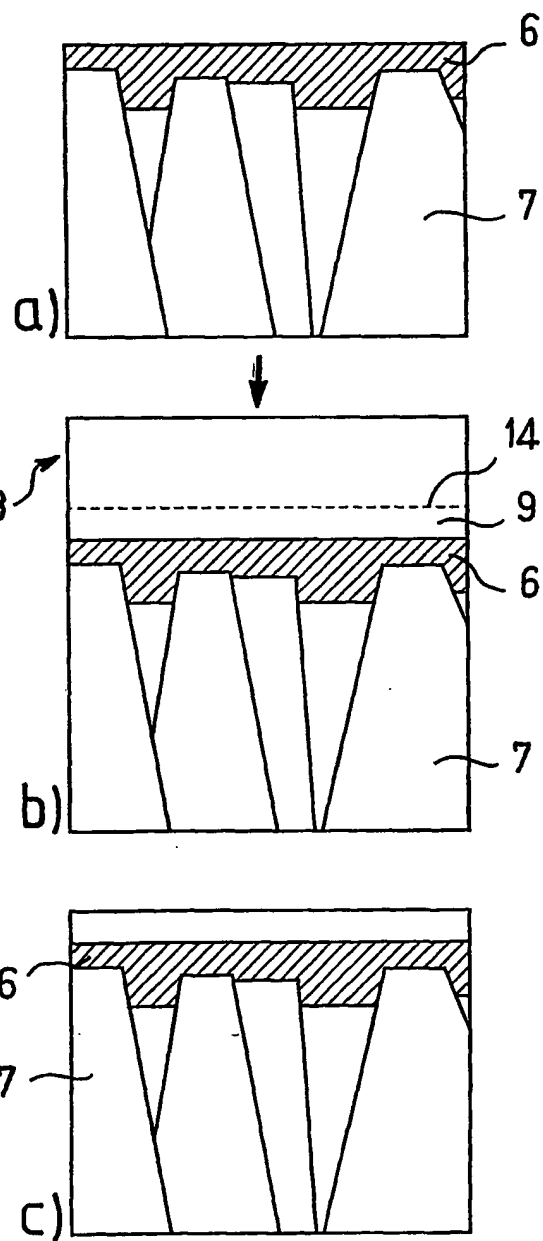


FIG. 6

5 / 5

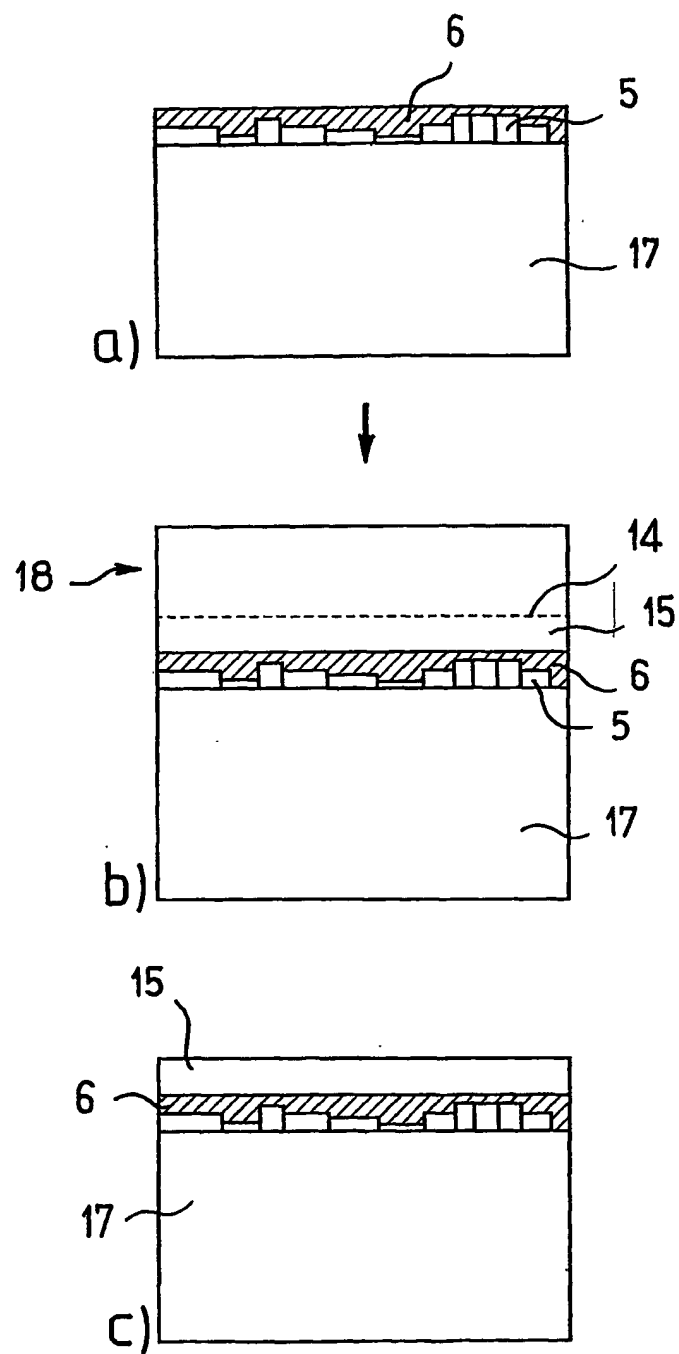


FIG. 7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int ☐ national Application No

PCT/FR 01/01876

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L21/762

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 298 449 A (KIKUCHI HIROAKI) 29 March 1994 (1994-03-29)	1,5,6,8, 9,16,18, 20,22,23
A	column 5, line 1 - line 37	2-4,7, 10-15, 17,19
A	FR 2 681 472 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 March 1993 (1993-03-19) cited in the application abstract	1-23

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 September 2001

Date of mailing of the international search report

19/09/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Le Meur, M-A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/01876

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5298449 A	29-03-1994	JP 5251292 A	28-09-1993
FR 2681472 A	19-03-1993	DE 69231328 D	14-09-2000
		DE 69231328 T	22-02-2001
		EP 0533551 A	24-03-1993
		JP 3048201 B	05-06-2000
		JP 5211128 A	20-08-1993
		US 5374564 A	20-12-1994

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Des Internationale No  
PCT/FR 01/01876

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H01L21/762

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisables, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 298 449 A (KIKUCHI HIROAKI) 29 mars 1994 (1994-03-29)	1,5,6,8, 9,16,18, 20,22,23
A	colonne 5, ligne 1 - ligne 37	2-4,7, 10-15, 17,19
A	FR 2 681 472 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 mars 1993 (1993-03-19) cité dans la demande abrégé	1-23

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

\*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

\*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

\*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

\*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

\*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

10 septembre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/09/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Le Meur, M-A

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De: Internationale No

PCT/FR 01/01876

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5298449 A	29-03-1994	JP 5251292 A	28-09-1993
FR 2681472 A	19-03-1993	DE 69231328 D	14-09-2000
		DE 69231328 T	22-02-2001
		EP 0533551 A	24-03-1993
		JP 3048201 B	05-06-2000
		JP 5211128 A	20-08-1993
		US 5374564 A	20-12-1994